

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Д.А. Зубцов
03 июня 2013 г.

ПРОГРАММА

по дисциплине: **Теоретическая механика**

по направлению подготовки 010900 «Прикладные математика и физика»

факультет : **ФИВТ**

кафедра **теоретической механики**

курс **Ш**
семестр **3, 5**

Трудоемкость: обязательная часть – зач.ед. – 3

вариативная часть – зач.ед. – 1

дополн. за сложность. – 1

лекции – 34 часа

Экзамен – 3, 5 сем.

практические (семинарские)

занятия – 34 часа

Зачет – нет

лабораторные занятия – нет

количество заданий – 2

Самостоятельная работа – 1 час в неделю

ВСЕГО ЧАСОВ – 68

Программу составили: д.ф.-м.н., проф. А.П. Иванов,
д.ф.-м.н., проф. Н.И. Амелькин,
к.ф.-м.н., доц. А.В. Фомичев
д.ф.-м.н., проф. О.В. Холостова,
д.ф.-м.н., проф. Г.Н. Яковенко,
Задания составил ассистент А.В. Сахаров

Программа принята на заседании
кафедры теоретической механики

7 мая 2013 года

Заведующий кафедрой д.ф.-м.н., проф.

А.П. Иванов

1. Аксиоматика классической механики

Постулаты классической механики. Инерциальные системы отсчета. Понятие силы. Законы Ньютона. Преобразования Галилея. Понятие об инвариантности и ковариантности уравнений механики.

2. Кинематика точки

Траектория, скорость, ускорение. Естественный (сопровождающий) трехгранник. Разложение скорости и ускорения в осях трехгранника. Криволинейные координаты точки. Разложение скорости и ускорения точки в локальном базисе криволинейных координат. Коэффициенты Ламе.

3. Кинематика твердого тела (кинематика систем отсчета)

Твердое тело. Разложение движения тела на поступательное движение и вращение (движение с неподвижной точкой). Способы задания ориентации твердого тела: углы Эйлера, матрицы направляющих косинусов.

Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле (формулы Эйлера и Ривальса). Кинематический винт твердого тела.

Кинематика сложного движения. Сложение скоростей и ускорений точек в сложном движении. Вычисление угловой скорости и углового ускорения тела в сложном движении. Кинематические уравнения движения твердого тела в углах Эйлера. Прецессионное движение твердого тела.

Алгебра кватернионов. Кватернионный способ задания ориентации твердого тела (присоединенное отображение). Параметры Родрига–Гамильтона. Кватернионные формулы сложения поворотов. Теорема Эйлера о конечном повороте твердого тела с неподвижной точкой.

Кинематические уравнения вращательного движения твердого тела в кватернионах (уравнения Пуассона). Интегрирование уравнений Пуассона для прецессионного движения твердого тела.

4. Основные теоремы динамики

Определения: внешние и внутренние силы, импульс (количество движения), момент импульса (кинетический момент, момент количества движения), кинетическая энергия, центр масс, момент силы, элементарная работа и мощность силы. Теоремы Кенига для кинетической энергии и момента импульса. Теоремы об изменении импульса, момента импульса и кинетической энергии в инерциальных системах отсчета.

Потенциальные, гироскопические, диссипативные силы. Критерий потенциальности сил. Консервативные системы, закон сохранения энергии.

Неинерциальные системы отсчета, силы инерции. Основные теоремы динамики в неинерциальных системах отсчета.

4. Движение материальной точки в центральном поле

Законы сохранения. Уравнение Бине. Поле всемирного тяготения. Уравнение конических сечений. Задача двух тел. Законы Кеплера.

5. Динамика твердого тела

Геометрия масс. Тензор инерции и эллипсоид инерции твердого тела. Главные оси инерции. Преобразование тензора инерции при повороте и параллельном переносе осей. Теорема Гюйгенса–Штейнера для тензора инерции. Кинетический момент и кинетическая энергия твердого тела.

Динамические уравнения Эйлера. Случай Эйлера; первые интегралы движения; геометрические интерпретации Пуансо. Движение динамически симметричного тела в случае Эйлера; параметры свободной регулярной прецессии. Случай Лагранжа; первые интегралы движения. Формула для момента, поддерживающего вынужденную регулярную прецессию динамически симметричного твердого тела. Эквивалентные преобразования системы сил, действующих на твердое тело. Алгоритм сведения к винту.

6. Лагранжева механика

Понятие механической связи. Классификация связей. Виртуальные перемещения. Общее уравнение динамики для системы материальных точек с идеальными связями. Конфигурационное многообразие голономной системы с конечным числом степеней свободы. Обобщенные координаты. Уравнения Лагранжа. Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа в случае потенциальных сил; функция Лагранжа (лагранжиан системы). Уравнения Лагранжа в неинерциальных системах отсчета.

Свойства уравнений Лагранжа: ковариантность, невырожденность (приведение к нормальному виду Коши). Структура кинетической энергии. Стационарно заданные системы (стационарная параметризация); потенциальные, гироскопические, диссипативные силы. Первые интегралы лагранжевых систем: циклические интегралы, обобщенный интеграл энергии (интеграл Пенлеве–Якоби).

Дополнительные темы к программе повышенного уровня

1. Динамика систем переменного состава

Понятие о системе переменного состава и ее математической модели. Теоремы об изменении количества движения и кинетического момента для систем переменного состава. Уравнение Мещерского. Реактивное движение. Формула Циолковского.

2. Теория удара

Понятие ударных сил и ударного импульса, основные гипотезы, задачи теории удара. Коэффициент восстановления (гипотеза Ньютона). Удар материальной точки об абсолютно гладкую поверхность: нахождение угла отражения, послеударной скорости, ударного импульса; потеря кинетической энергии. Теоремы об изменении количества движения и кинетического момента при ударе. Общее уравнение динамики в теории удара. Теорема Карно. Уравнения Лагранжа второго рода в теории удара.

Литература

1. Айзерман М.А. Классическая механика. – М.: Наука, 1980, 2005.
2. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. – 3-е изд. – М.: Физматлит, 2001.
3. Журавлёв В.Ф. Основы теоретической механики. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2001; 3-е изд. – М.: Физматлит, 2008.
4. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – М.: Наука, 1990.
5. Яковенко Г.Н. Краткий курс теоретической механики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
6. Амелькин Н.И. Динамика твердого тела: учеб. пособие. – М.: МФТИ, 2010.
7. Трухан Н.М. Теоретическая механика. Методика решения задач: учеб. пособие. – М.: МФТИ, 2010.
8. Сайт кафедры теоретической механики МФТИ. <http://teormech.fizteh.ru>

ЗАДАНИЯ

ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи с 28 октября по 2 ноября 2013 г.)

Контрольная работа № 1 с 21 по 26 октября

1. Кинематика точки:
С – 1.5, 1.21, 1.25, 1.37(д).
2. Кинематика твёрдого тела:

- 2.1. Плоскопараллельное движение твёрдого тела:**
С – 3.3, 3.20, 3.23, 3.41.
- 2.2. Пространственное движение твёрдого тела:**
С – 4.6, 4.28, 4.33, 4.47.
- 2.3. Кватернионы:**
С – 4.61(a), 4.67, 4.76, 4.79.
- 3. Сложное движение точки и твёрдого тела:**
С – 2.4, 2.12, 2.36, 3.9, 4.30, 4.35.
- 4. Основные теоремы динамики в инерциальных и неинерциальных системах отсчёта:**
С – 5.10, 6.16, 6.29, 7.3, 7.5, 7.29, 9.24; М – 41.22.
- 5. Движение точки в центральном поле:**
С – 8.11, 8.14, 8.21, 8.49.

ВТОРОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи с 9 по 14 декабря 2013 г.)

Контрольная работа с 2 по 7 декабря

- 1. Геометрия масс. Динамика твёрдого тела:**
С – 11.8(6), 11.11, 11.18, 11.23, 11.44, 11.59, 11.70, 11.116.

Т.1. Твёрдое тело с неподвижной точкой O , для которой главные моменты инерции равны $A = B = 2C$, движется в однородном поле тяжести. Найти минимальное и максимальное значения угла нутации θ , отсчитываемого от оси, направленной вертикально вверх, если в начальный момент углы Эйлера и их первые производные по времени равны

$$\theta(0) = \theta_0, \quad \psi(0) = 0, \quad \varphi(0) = 0, \quad \dot{\theta}(0) = 0,$$

$$\dot{\psi}(0) = 2\sqrt{\frac{Pl}{A \cos \theta_0}}, \quad \dot{\varphi}(0) = 2\sqrt{\frac{Pl \cos \theta_0}{A}},$$

где P – вес тела, l – расстояние его центра масс от точки O , лежащей на оси симметрии тела. Изобразить траекторию центра масс тела на сфере с центром в точке O .

- 2. Уравнения Лагранжа:**
С – 12.5, 12.12, 12.46, 12.49, 12.65, 12.103.

ВАРИАТИВНАЯ ЧАСТЬ ЗАДАНИЯ

1. Системы переменного состава:

С – 10.5, 10.23, 10.28.

2. Теория удара:

С – 6.23, 7.33, 11.33; М – 44.17, 44.28.

С – Пятницкий Е.С., Трухан Н.М., Ханукаев Ю.И., Яковенко Г.Н. Сборник задач по аналитической механике. – 2-е изд. – М.: Наука, 1996; 3-е изд. – М.: Физматлит, 2002.

М – Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – 36-е изд. – М.: Наука, 1986; 40-е изд. – СПб. Лань, 2003.

Усл. печ.л. 0,5. Тираж 125 экз.